

切土のり面吹付コンクリートの安定性について（その2）

－背面地山の劣化－

日本道路公団（JH）試験研究所（正）佐藤 亜樹男（正）松山 裕幸（正）長尾 和之
川崎地質㈱○（正）山本 高司

1. まえがき

本稿では前報 1)で述べた切土のり面吹付けコンクリートにて建設段階から継続的に実施している速度検層と、物理、力学試験を行い地山の経年変化の劣化について検討を行った。さらに、地山の劣化に起因すると思われるコンクリート変状（進展性クラック、せり出し等）の健全度評価に基づき吹付コンクリートの地山の風化抑制期間について考察する。

2. 調査概要

調査は、前報 1)の全調査箇所において、物理試験として3状態（自然・湿潤・乾燥）の見掛け比重の測定、岩石試験として、引張強度試験、スレーキング試験、乾燥繰返し吸水率試験、経年変化による速度層の変化に着目し過去から実施されている速度検層を実施した。

表 1 吸水増加率、スレーキング率と風化タイプ

3. 調査結果

3.1 吸水増加率とスレーキング率

表 1 に吸水増加率とスレーキング率の結果をまとめた。吸水量増加率からみると、新第三紀堆積岩の泥岩・凝灰岩、中古生層の蛇紋岩が大きな値を示し、スレーキング率でも同様の結果を示す。No.14 については吸水量増加率に比べてスレーキング率が極めて大きな値を示す。これは、断層の近傍のため潜在的な亀裂が発達し、スレーキング率試験では岩片状に分離することにより大きな値を示したと判断される。

風化を起こしやすいと判断された調査箇所のうち、特殊地山（蛇紋岩）No.9を除く4地点（No.4、No.12、No.13、No.14）について有効間隙率の深度変化を求めた（図1）。いずれも有効間隙率は表層部にむかって小さくなる傾向がある。このことは、風化による表層部の粘土化が起きて有効間隙率が小さくなったものと考えられる。

3.2 吹付コンクリート劣化と地山の風化

吹付コンクリートのり面の健全性を地山との相関で考える場合、コンクリート自体の品質の他に、地山との付着（密着）の低下および浅層部の風化が極めて重要となる。そこで、表2のように地山の変状を表す進展性クラックの発生、付着力の低下を示すスライド、背面空洞を示す洗掘・洗い出し等を重要視した健全度評価を提案した。

図2は上記4地区の追跡調査で判明している変状事象を提案した健全度ランクにあてはめ、時間的变化を示したものである。いずれもコア採取では空洞が確認されていない箇所でもある。補修した経過月数は約200ヶ月～240ヶ月と差はあるもののいずれも変状としてスライドが生じている。このような風化しやすい地質においては、空洞化前に表層部が粘土化することで吹付コンクリートとのせん断抵抗が減少しスライド現象が起こるものと考えられる。また、このような地質では空洞化探査などはあまり意味を持たないので、健全度ランクがbになった最初の時点で No.4 地区のようにクラック注入ないしはせん断抵抗を確保するための鉄筋等で連結する必要があると思われる。地山の風化帯層厚は経過年数を経るにつれて厚くなることが予想される。そこで、風化帯の層厚(d)を地山の速度(V)で除した風化帯通過時間(t)を求める。これにより、風化帯の層厚の経年変化をとらえる。

調査箇所	背面地質	岩種	吸水量増加率(%/回)	スレーキング率(%)	風化タイプ
No.1 (岩手県)	新第三紀堆積岩	礫岩	2.463		I a
No.2 (岩手県)	新第三紀堆積岩	凝灰岩	4.280		II b
No.3 (福島県)	変成岩	片麻岩	0.017		II a
No.4 (福島県)	新第三紀堆積岩	泥岩	19.740		I a
No.5 (栃木県)	新第三紀堆積岩	凝灰岩(溶結)	0.011	1.0	I a
No.6 (山梨県)	中古生層堆積岩	砂岩頁岩混在岩	0.077		I a
No.7 (山梨県)	中古生層堆積岩	頁岩	0.041	0.5	I a
No.8 (山梨県)	中古生層堆積岩	頁岩	0.021		I a
No.9 (山梨県)	中古生層堆積岩	蛇紋岩	17.154	61.6	II a
No.10 (山梨県)	中古生層堆積岩	頁岩	0.088		I a
No.12 (静岡県)	新第三紀堆積岩	泥岩	17.167	100.0	I a
No.13 (福井県)	新第三紀堆積岩	凝灰質泥岩	26.457	80.9	I a
No.14 (和歌山県)	中生代堆積岩	頁岩	1.660	83.5	II a

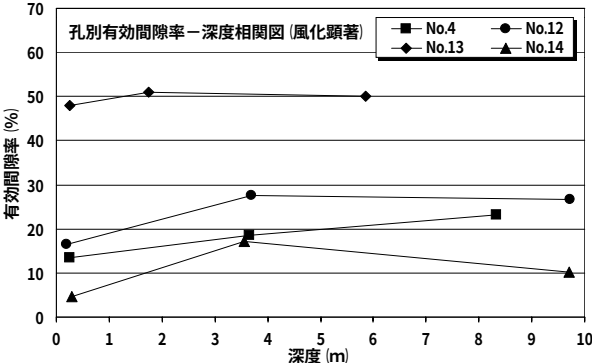


図 1 有効間隙率の深度変化

図3の下段の図は、風化帯通過時間を縦軸に経過月数を横軸に取った模式図である。

吹付コンクリートの背面地山の風化プロセスは、大きく2つのタイプⅠ・Ⅱに区分できる。表1に調査箇所の風化タイプを示す。なお、風化帯通過時間の増加割合が減少したaと継続しているbに細区分した。風化タイプⅠでは、塊状岩盤や第三紀堆積岩に多く認められる。これは吹付コンクリートによる密閉効果により一定期間の風化防止があるものである。風化タイプⅡは、潜在的な亀裂が施工直後から開口(緩み)し、タイプⅠと比べ吹付コンクリートの密閉効果による風化防止機能が認められないものである。なお、速度検層の結果 No.2 地点を除き風化進行は落ち着き、供用後に地山の風化による速度低下が認められる深度は2~3mにとどまっている事が判明した。このことは、供用後に大きな地山変状がない吹付のり面では、新たな地山からの変状は浅層の風化部およびコンクリート付着面の強度低下が大きな要因と考えられる。前報1)で明らかとなった吹付背面の空洞化の前兆の指標として用いることが可能と考えらる。ここで、背面地質として中古生層堆積岩の代表的な No.1 クリート背面の中性化曲線と風化帯通過時間の関係の面の中性化は風化帯通過曲線の速度増加の変化点を過始まっている。これは地山の風化、ゆるみ(亀裂の開が進むことで吹付コンクリートや小段部にクラックがらに進展し開口することにより背面から外気が入り中と考えられる。

4.まとめ

今回の調査から得られた知見を以下に述べる。

- ① 吸水増加率とスレーキング率の高い地質では、風化により表層部の粘土化が起こり、空洞化の前に吹付コンクリートにスライド事象が生じやすい。
- ② 供用後約 25 年以上経過し大きな地山変状がない吹付コンクリートのり面では、新たな地山からの変状は浅層の風化部およびコンクリート付着面の強度低下が大きな要因と考えられる。
- ③ 背面の中性化は風化帯通過曲線の数値増加の変化点を過ぎてから始まる。

5.おわりに

地山状況を反映した健全度ランクと補修期間の適正については、吹付コンクリートの要求性能をどの程度までとするかによる。吹付コンクリートと地山との密着性が低下しはじめたところと考えれば、開口亀裂が進展する時期でcランクからbランクに変わった期間で概ね100ヶ月程度となる。今後は地山の風化性状・地質特性に応じた吹付コンクリートの的確な補修時期・補修工法を検討していく予定である。

表2 吹付コンクリートの健全度評価

健全度ランク	d	c	b	a	特a
スライド現象			のり肩水平クラックの発生 PUのひび割れ・変形	のり肩水平クラックの進展（開口・ 補修） PUの部分破壊	のり肩部地山露出 のり尻部吹付座屈破壊 PUの連続破壊
背面空洞			のり肩部における洗掘・流出し 吹付コンクリート背面の中性化開始	背面空洞の発生 吹付コンクリート背面の中性化進行	空洞の面積・厚さ拡大 吹付の部分崩落による地山の露出
各種クラック		ヘアークラック 開口幅 0.5mm程度 遊離石灰で癒着したクラック	開口幅 2~3mm シール材の劣化 雑草の生長	開口幅 4~5mm以上 複数のクラック・地目の交差による ブロック化 樹木の生長	
凍 害		遊離石灰をともなうひび割れ 厚さ数mm程度のスケーリング	まだら状の表面はく落の発生	異形状スケーリングの全面発達	ラス・鉄筋に達するはく落
目地・施工手		目地沿いのひび割れの発生	うき・はく落の連続 雑草の生育	樹木生長による吹付コンクリートの 破壊 根系の侵入による地山風化の促進	
小段部		落葉・はく落片の堆積 雑草の生育	樹木の生長 湿潤状況の発生（排水機能の低下）		
水抜き孔		水抜き孔からの常時漏水	土砂の流出	樹木の生長による排水機能喪失	
浮 石			凸部周辺のひび割れの発生	ひび割れの開口幅進展	凸部を囲むひび割れの連結 吹付表面の部分的はく落
要求性能	← 満たす →	日常点検 メンテナンス	← 不足 →	モニタリング 詳細調査、設計	← 満たさない → 緊急性対応

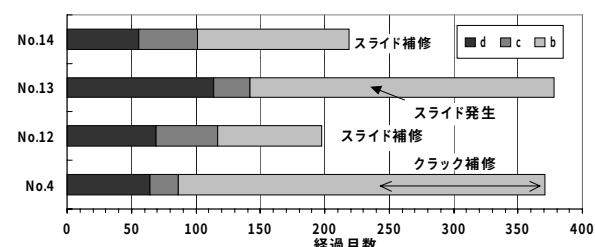


図2 健全度ランクと補修期間

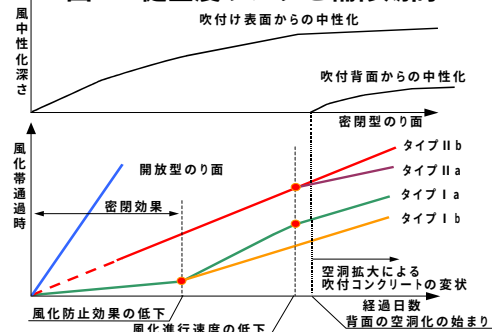


図 3 中性化曲線と風化帯通過時間

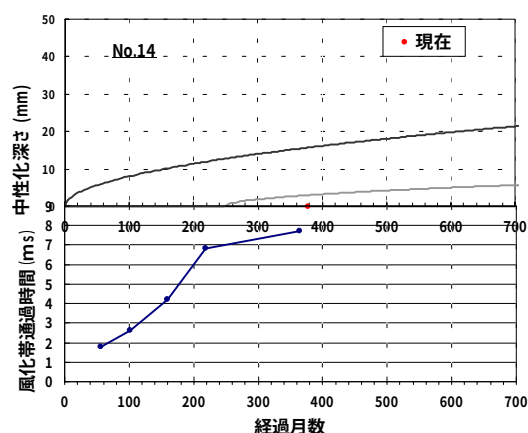


図4 コンクリート劣化と地山変状の例

参考文献：1) 佐藤ら：切土のり面吹付コンクリートの安定性について（その1）－吹付コンクリートの耐久性－
第59回土木学会年次学術講演会, 2004（投稿中）